

# Contribution à la conception de transmit-arrays compacts en polarisation linéaire et circulaire en bande X

Soutenance de thèse de Jeanne Pagés-Mounic

02 Décembre 2021 à 10h

Auditorium de l'ONERA  
2 Avenue Édouard Belin  
31000 Toulouse

## Jury

Claire Migliaccio - Rapporteur  
Professeur à l'Université de Nice Côte d'Azur

Raphaël Gillard – Rapporteur  
Professeur à l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Rennes

Priscillia Daquin – Examineur  
Ingénieur au Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) de Toulouse

Sérgio Matos - Examineur  
Professeur Assistant à l'ISCTE Université de Lisbonne et Institut des Télécommunications de Lisbonne

André Barka - Directeur de thèse  
Ingénieur / Maître de Recherche à l'ONERA de Toulouse

Hamza Kaouach - Co-directeur de thèse  
Maître de Conférences à Toulouse – INP – ENSEEIHT – LAPLACE/GRE

## Résumé

L'objectif de ces travaux de thèse est de proposer des solutions technologiques innovantes pour améliorer les transmit-arrays en bande X en les rendant plus compacts, en optimisant notamment la source primaire utilisée. Ces réseaux transmetteurs permettent un dépointage rapide et précis des faisceaux, faculté recherchée dans l'industrie spatiale. Les transmit-arrays sont des réseaux composés d'une multitude de cellules élémentaires. C'est pourquoi, en raison du grand nombre de cellules à prendre en compte, leur simulation est très longue. La première partie de cette thèse a ainsi été consacrée à la mise en place d'un simulateur numérique hybride permettant de simuler très rapidement un transmit-array avec une source primaire associée. L'avantage de ce simulateur est la possibilité de faire de nombreuses simulations en peu de temps et d'évaluer l'impact des différents éléments du réseau sur ses performances en rayonnement.

La compréhension du fonctionnement du transmit-array a donné lieu à la conception d'une première cellule élémentaire. Cette cellule trois couches est de type Phase-Rotation et fonctionne en bande X en polarisation linéaire. Celle-ci a été mise en réseau pour former un transmit-array illuminé par une source primaire de type cornet 15 dBi, à une distance focale de 225 mm, soit un rapport focal de 0.75.

Une première réalisation a ainsi été lancée avec, en complément, la fabrication d'un support dédié sur-mesure pour pouvoir fixer correctement ce réseau dans la chambre anéchoïque de l'ONERA. Les mesures du transmit-array complet ont montré de bons résultats avec des performances prometteuses et proches des simulations full-wave réalisées en amont avec l'outil ONERA FACTOPO.

La suite de la thèse a été consacrée à l'amélioration de la source primaire pour rendre le système plus compact. Une nouvelle source primaire, composée de quatre patches, a ainsi été conçue dans le cadre du stage d'Alessandro De Oliveira Cabral Junior que j'ai co-encadré. Cette nouvelle source est très prometteuse car elle permet de se rapprocher considérablement du réseau en réduisant la distance focale d'un facteur deux.

Cette source et son réseau dédié, placé à 112.5 mm (rapport focal de 0.375), ont ainsi été fabriqués et ont présenté eux aussi de bons résultats.

Pour ce qui est de la source seule, les résultats obtenus montrent une allure similaire aux simulations avec toutefois un offset de 2 dB sur le gain, lié à un désalignement dans la chambre anéchoïque. Un réseau transmetteur dédié à cette source primaire a été fabriqué et le diagramme de rayonnement obtenu est lui aussi impacté par un shift sur la hauteur du gain en ayant toutefois une allure tout à fait similaire aux simulations, démontrant le bon fonctionnement du réseau.

Une nouvelle cellule élémentaire a été ensuite conçue dans le but d'être dépolarisante. Ainsi la source primaire émet en polarisation linéaire tandis que la polarisation en sortie de transmit-array est circulaire. Cette dépolarisation est possible grâce à la géométrie des cellules qui sont, côté espace libre, polarisées à la fois en polarisation verticale et horizontale.

Deux nouveaux réseaux ont ensuite été conçus à l'aide du simulateur numérique hybride. Le premier est associé au cornet et le second est associé à la nouvelle source primaire.

Le troisième prototype, placé à 225 mm du cornet, a été mesuré et fonctionne comme attendu, avec une grande pureté de la polarisation circulaire en sortie de réseau.

Grâce à une nouvelle optimisation, le quatrième prototype, associé à la nouvelle source primaire, permet de réduire d'avantage l'encombrement du transmit-array, avec une distance focale de seulement 75 mm soit un rapport focal de 0.25. Les résultats de ce quatrième prototype montrent une bonne cohérence et une bonne pureté de la polarisation circulaire malgré une grande sensibilité du système à l'alignement lors de la mesure.

**Mots-clés : Réseau transmetteur, Source primaire, Lentille passive, Rapport focal, Bande X**